AVALIAÇÃO DO IMPACTO DA IMPERMEABILIZAÇÃO DO SOLO COMO CONSEQUÊNCIA DO ADENSAMENTO URBANO EM ÁREA DE NASCENTE DO RIO CACHOEIRA, JOINVILLE, SC

Marcos Aurélio KANZLER[1]
Fabiano Antônio de OLIVEIRA[2]

RESUMO

O presente projeto baseia-se na Lei n.º 9.433/97 que instituiu no Brasil, a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH). A PNRH diz que a unidade territorial de gestão dos recursos hídricos deve ser a bacia hidrográfica, porque a bacia, enquanto espaço geográfico, integra a maior parte das relações de causa-e-efeito a serem consideradas na gestão dos recursos hídricos, entre elas aquelas que dizem respeito a contaminação devida as atividades antrópicas. Em Joinville/SC, o rio Cachoeira corta a área urbana no sentido norte-sudeste e deságua na Lagoa do Saguaçú. Sua bacia hidrográfica abrange uma área aproximada de 84 km², com 13 km de extensão, subdividida em nove sub-bacias ou regiões hidrográficas principais: Alto Cachoeira, Morro Alto, Mathias, Jaguarão, Bucarein, Itaum Açu e Mirim, Saguaçú e Boa Vista. A bacia hidrográfica do rio Cachoeira é uma das que apresenta maiores problemas de degradação ambiental do estado, pois caracteriza-se pela ocupação mais antiga no contexto sócio-econômico, político e histórico de Joinville, pela grande concentração urbano-industrial, retirada da cobertura vegetal próxima do seu leito e tributários, cortes de terra e aterros irregulares, bem como pela grande influência das marés sobre o seu curso. O objetivo do trabalho é conhecer efeitos da impermeabilização do solo, sobre o comportamento hidrológico em área de nascente do rio Cachoeira, através do dimensionamento da evolução do uso do solo da área e medição de vazão do curso d'água. A área objeto de estudo compreende uma sub-bacia de nascentes do rio Cachoeira (região hidrográfica do Alto-Cachoeira), localizada no bairro Costa e Silva. A sua área de drenagem é de cerca de 1,84 km², correspondente a um perímetro de 6,72 km, com início próximo à rodovia BR 101, em cota altimétrica de 40m, avançando diagonalmente para NE por cerca de 1 km, até a confluência com um tributário de 2ª ordem, conforme classificação de Strahler (1957 apud Christofoletti, 1980), em cota altimétrica de 8m. Esta região, com densidade populacional considerável e em franca expansão, vem apresentando aumento considerável de impermeabilização de seu solo. O desenvolvimento metodológico baseou-se na coleta de dados e informações do meio físico da bacia, seguida da edição da base cartográfica em ambiente CAD na escala 1:2000, com sobreposição georeferenciada de fotos aéreas dos anos de 1972 e 1989, e imagem de satélite IKONOS ano 2003, gerando mapas de evolução temporal das áreas impermeabilizadas com 3 classes de caracterização: urbanização/solo exposto; floresta/capoeira; agricultura/pastagem. Realizou-se medição de vazão do curso d'água em 3 pontos distintos, com freqüência quinzenal, além da análise comparativa da evolução das vazões com a precipitação acumulada. A série temporal de cartas de uso do solo, na área da sub-bacia, indica um avanço considerável da urbanização no período entre 1972 e 2003. As áreas de floresta/capoeira foram reduzidas, passando de 68% em 1972 para 25% em 2003, e a área urbanizada/solo exposto foi ampliada de 8% para 67% no mesmo período. O abastecimento público dentro da bacia hidrográfica é exclusivamente proveniente da bacia hidrográfica do rio Cubatão, o que representa uma transposição de águas de bacias. Como a área de estudo não possui esgotamento sanitário e quase que a totalidade dos despejos domésticos tem como destino os sistemas de drenagem pluvial que alimentam o rio Cachoeira, isto representa um incremento na vazão do referido rio. A resposta hidrológica que a sub-bacia apresenta frente

1 Universidade da Região de Joinville - UNIVILLE, acadêmico, mkanzler@terra.com.br.
2 Universidade da Região de Joinville – UNIVILLE, professor, mestre, fabiano.o@uol.com.br

à evolução desta impermeabilização reflete-se na variação do volume d'água, com elevação do nível do rio em curto espaço de tempo após precipitações intensas, considerando que o leito apresenta pouca declividade. Ocorrem também reflexos na qualidade d'água, por despejo doméstico diretamente no sistema pluvial e o assoreamento do curso d'água por sedimentos carreados de áreas expostas.

INTRODUÇÃO

A água, como os demais recursos da biosfera, é escassa e seu uso racional compreende tanto a preservação como a conservação da quantidade e qualidade.

A Lei n.º 9.433/97 que instituiu no Brasil a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) define que a água é um bem de domínio público, constituindo um recurso natural limitado, dotado de valor econômico.

A PNRH diz que a unidade territorial de gestão dos recursos hídricos deve ser a bacia hidrográfica, porque a bacia, enquanto espaço geográfico, integra a maior parte das relações de causa-e-efeito a serem consideradas na gestão dos recursos hídricos, entre elas aquelas que dizem respeito à contaminação devida às atividades antrópicas.

Em Joinville, o rio Cachoeira corta a área urbana no sentido norte-sudeste e deságua na Lagoa do Saguaçú. Sua bacia hidrográfica abrange uma área aproximada de 84 km², com 13 km de extensão, subdividida em nove sub-bacias ou regiões hidrográficas principais: Alto Cachoeira, Morro Alto, Mathias, Jaguarão, Bucarein, Itaum Açu e Mirim, Saguaçú e Boa Vista.

A bacia hidrográfica do rio Cachoeira é uma das que apresenta maiores problemas de degradação ambiental do estado, pois caracteriza-se pela ocupação mais antiga no contexto sócio-econômico, político e histórico de Joinville, pela grande concentração urbano-industrial, retirada da cobertura vegetal próxima do seu leito e tributários, cortes de terra e aterros irregulares, bem como pela grande influência das marés sobre o seu curso.

A área objeto de estudo compreende uma sub-bacia de nascentes do rio Cachoeira (região hidrográfica do Alto-Cachoeira), localizada no bairro Costa e Silva, município de Joinville(SC). A sua área de drenagem é de cerca de 1,84 km², correspondente a um perímetro de 6,72 km, com início próximo à rodovia BR 101, em cota altimétrica de 40m, avançando diagonalmente para NE por cerca de 1 km, até a rua Bem-te-vi, onde ocorre a confluência com um tributário de 2ª ordem, conforme classificação de Strahler (1957 *apud* Christofoletti, 1980), em cota altimétrica de 8m (Figura 1).

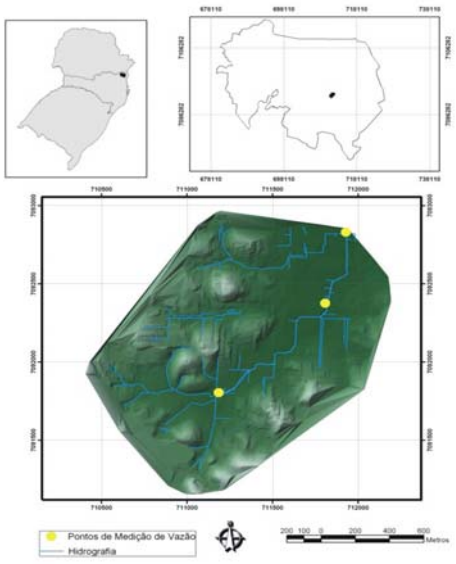

Figura 1 – Localização da área.

O objetivo geral do trabalho é conhecer efeitos da impermeabilização do solo sobre o comportamento hidrológico da sub-bacia de nascente do rio Cachoeira, através do dimensionamento da evolução do uso do solo da área, medição de vazão (descargas fluviométricas) do curso d'água e estabelecer análise comparativa da precipitação pluviométrica com a evolução das vazões do rio, a fim de oferecer subsídios ao planejamento do uso e ocupação do solo na área, baseado no Plano Nacional de Recursos Hídricos – PNRH.

MÉTODOS e TÉCNICAS

Inicialmente procedeu-se o levantamento bibliográfico e a coleta de informações básicas do meio físico da bacia, incluindo levantamento de material cartográfico: fotos aéreas (ano 1972 escala 1:12000, ano 1989 escala 1:8000), imagem de satélite IKONOS ano 2003 e base cartográfica digital na escala 1:2000.

A base cartográfica foi editada em ambiente CAD e procedida da geração de mapas temáticos básicos como subsídio a análises.

Terminada a edição da base cartográfica, foi deu-se início ao processamento das fotos aéreas e da imagem de satélite, inicialmente com a composição de mosaico das fotos da área, utilizando-se o software Corel Draw. Posteriormente as fotos e imagem de satélite foram georeferenciadas com o auxílio do software IDRISI e utilizando-se o software ArcView procedeu-se a poligonização de classificação, caracterizando-se 3 classes: urbanização/solo exposto, floresta/capoeira e agricultura/pastagem, que resultaram na confecção de cartas de uso do solo em série temporal (1972, 1989 e 2003).

Em campo foram realizadas medições de vazão do curso d'água (descarga fluvial) em 3 pontos distintos, com freqüência quinzenal, por um período de 15 meses, utilizando-se um micromolinete hidrmétrico Global Water modelo FP101. O critério estabelecido para determinação dos pontos de medição de vazão é baseado nas estruturas de drenagem da referida bacia e na concentração da urbanização. O Ponto 1 foi locado a montante da bacia em área de densa vegetação, onde ocorre a surgência de cerca de 10 cursos d'água (intermitentes e perenes).

A locação do Ponto 2 é no meio da bacia hidrográfica, em área de grande concentração urbana, onde ocorre a contribuição de sistemas de drenagem canalizados. E, a jusante da bacia, está locado o Ponto 3, em área totalmente urbanizada e onde também ocorre a contribuição de sistemas de drenagem canalizados.

Os valores referentes ao monitoramento de vazão (descarga fluvial), foram obtidos pela equação:

$Q = A * V$

Q = vazão em m^3/s

A = área da seção transversal (m^2)

V = velocidade do fluxo (m/s)

Na sequüência efetuou-se análise comparativa da evolução das vazões com a precipitação acumulada de 24h, 48h e 72h anteriores à data da medição da vazão. Os dados de precipitação diária foram provenientes da Estação Meteorológica da Universidade da Região de Joinville – UNIVILLE, distante cerca de 6 Km à nordeste da área de estudo.

RESULTADOS

A série temporal de cartas de uso do solo, na área da sub-bacia, indica um avanço considerável da urbanização no período entre 1972 e 2003 (figuras 2, 3 e 4). A classe urbanização possuía uma área equivalente a 16 hectares (8%) em 1972, passando a 122 hectares (67%) em 2003 (tabela 1).

Destaca-se a transformação do espaço entre o período de 1972 e 1989 (tabela 1), onde a classe urbanização evoluiu de 8% para 62%, devido à instalação de indústrias de porte nas áreas próximas à bacia hidrográfica, o que intensificou a ocupação deste setor.

Conforme indicado na tabela 1, as áreas de floresta/capoeira foram reduzidas, passando de 68% (124 hectares) em 1972 para 25% (45 hectares) em 2003, sendo que a principal "célula verde" remanescente no momento localiza-se justamente à montante da bacia, onde ocorrem as principais surgências de água que contribuem pelo regime perene do rio Cachoeira.

A classe agricultura/pastagem sofreu redução de área, passando de 44 hectares (1972) para 15 hectares (2003), conforme tabela 1.

Tabela 1 – Evolução estatística do uso do solo na região da sub-bacia.

Tipo de uso do solo	1972			1989			2003		
	Área (m²)	ha	%	Área (m²)	ha	%	Área (m²)	ha	%
Floresta/capoeira	1.240.927	124	68	613.959	61	33	458.754	45	25
Urbanizado/solo exposto	161.762	16	8	1.145.352	114	62	1.229.089	122	67
Agricultura/pastagem	441.573	44	24	84.934	8	5	156.418	15	8

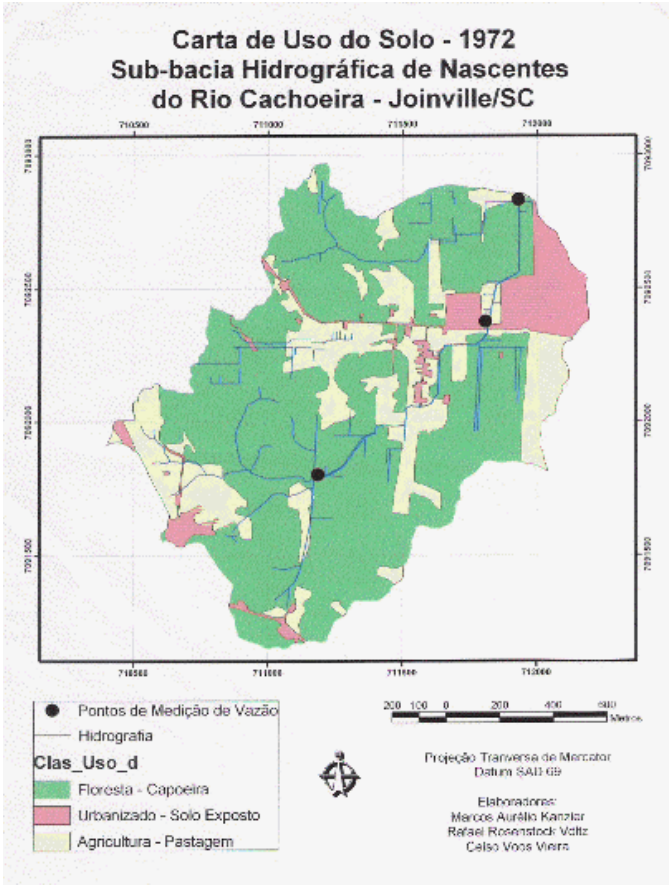

Figura 2 – Carta de uso do solo – 1972, da área de estudos.

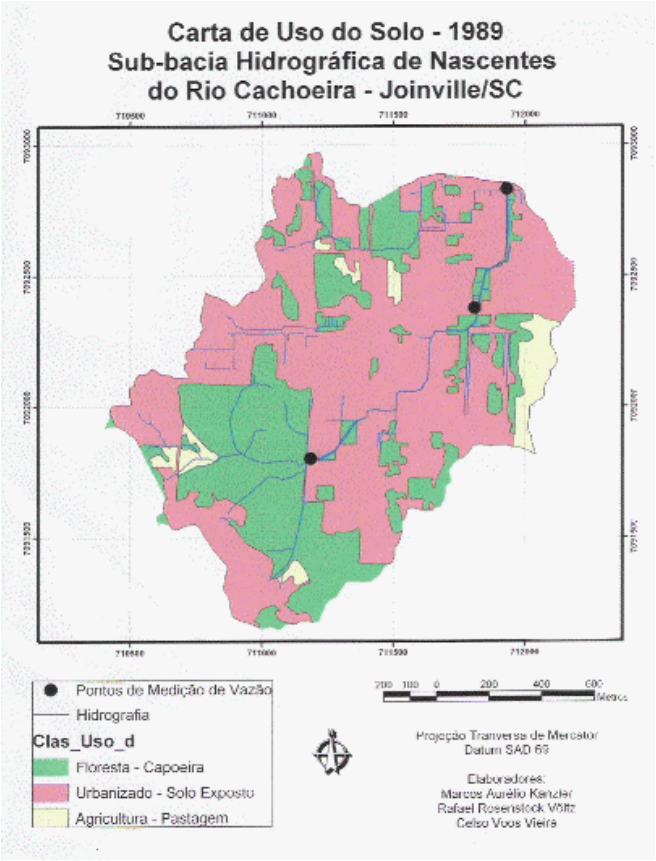

Figura 3 – Carta de uso do solo – 1989, da área de estudo.

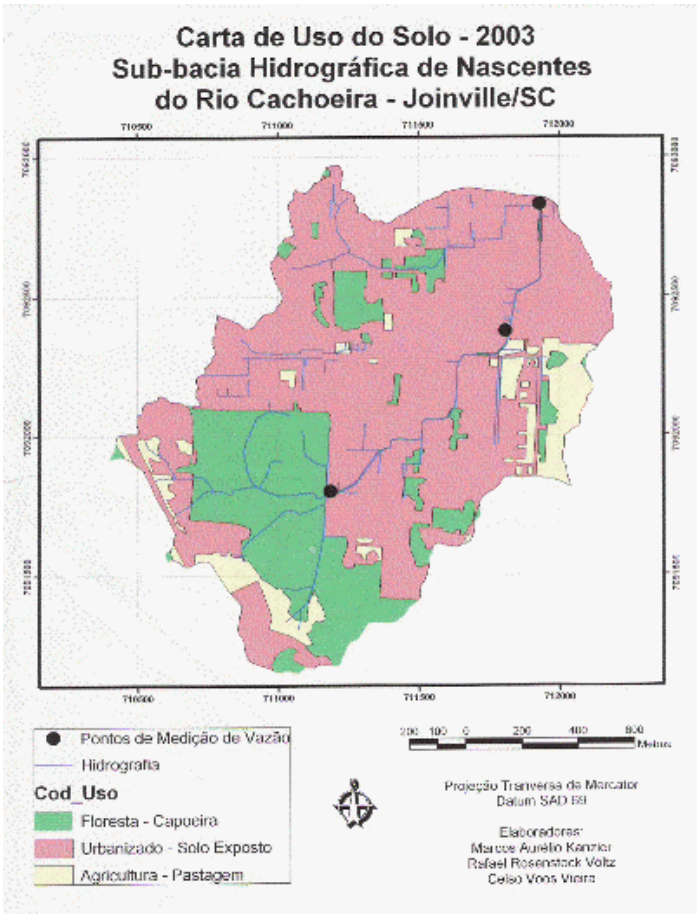

Figura 4 – Carta de uso do solo – 2003, da área de estudo.

O abastecimento público de água dentro da bacia hidrográfica é exclusivamente proveniente da bacia hidrográfica do rio Cubatão, o que representa uma transposição de águas de bacias.Como a área de estudo não possui esgotamento sanitário, quase que a totalidade dos despejos domésticos tem como destino os sistemas de drenagem pluvial que alimentam o rio Cachoeira, o que representa um incremento na vazão do referido rio.

Os valores relativos às descargas do rio Cachoeira, confrontados com a pluviometria no período, podem fornecer uma idéia inicial do fluxo de base, responsável pelo regime perene do referido curso d'água, conforme gráfico da figura 6.

Os resultados dos monitoramentos de vazão dos pontos 1, 2 e 3 encontram-se apresentados na tabela 2 e no gráfico da figura 6, juntamente com os dados de precipitação da estação pluviométrica mais próxima – UNIVILLE, para o período de 2004-2005, gráfico da figura 5.

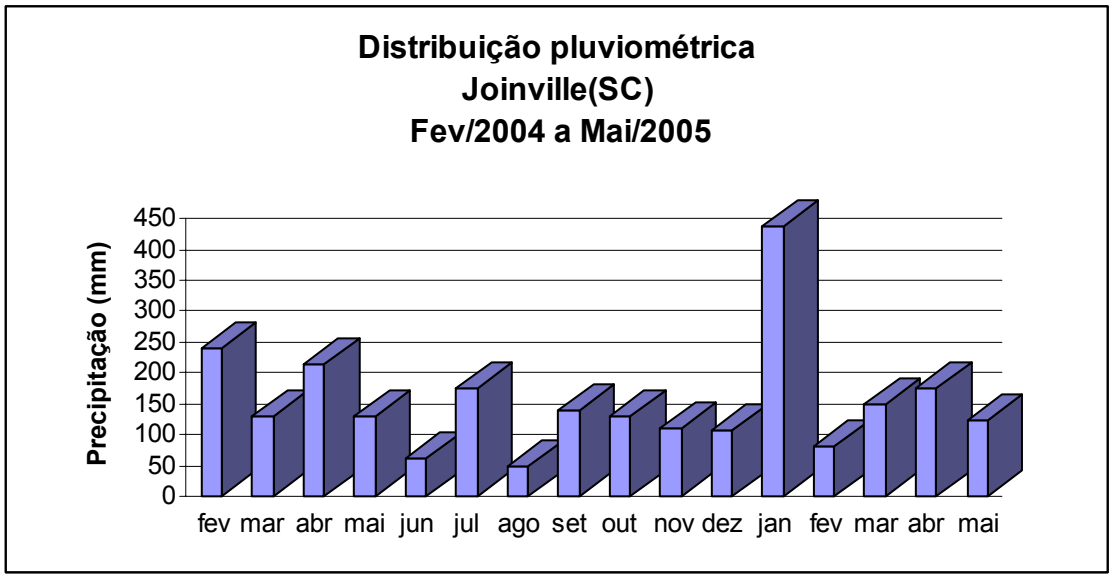

Figura 5 – Distribuição pluviométrica mensal do municipio de Joinville(SC), período de Fev/2004 a Mai/2005. Fonte: Estação meteorológica da Universidade da Região de Joinville – UNIVILLE.

O gráfico (figura 6) mostra a variação das vazões das águas do rio Cachoeira durante 15 meses, e seu comportamento apresenta uma relação direta com a precipitação. No entanto pode-se perceber um atraso das respostas em relação às chuvas.

A dinâmica das águas superficiais possui relação direta com a dinâmica subsuperficial da água de infiltração (PANE; PEREIRA, 2005). Isso implica na variação da capacidade de infiltração do solo, função do tipo de solo (em termos de permeabilidade), presença ou não da vegetação e condições de umidade desse solo (PANE; PEREIRA,2005).

Nas medições de descarga fluvial, destacam-se os picos de vazão referentes às medições dos dias 15/Abril/04, 15/Março/04 e 01/Outubro/04 (Ponto 3), que coincidem com valores elevados de precipitação acumulada no período de 96 horas anteriores à medição. Tal fato sugere que o pico de vazão durante eventos chuvosos pode ter sido superior aos valores registrados, uma vez que a área da bacia apresenta um índice de urbanização (e conseqüente impermeabilização) de 67%.

Tabela 2 - Valores de vazão do curso d'água (Q – m³/s) do período de 01/'Fev/04 a 16/Mai/05.

Dia	Ponto 1 Q m³/s	Ponto2 Q m³/s	Ponto 3 Q m³/s
01/02/04	0,025	0,055	0,076
15/02/04	0,022	0,064	0,121
03/03/04	0,020	0,087	0,082
15/03/04	0,067	0,103	0,191
01/04/04	0,025	0,094	0,132
15/04/04	0,063	0,221	0,287
02/05/04	0,040	0,045	0,074
16/05/04	0,009	0,054	0,052
01/06/04	0,022	0,082	0,086
15/06/04	0,026	0,104	0,114
01/07/04	0,023	0,061	0,084
15/07/04	0,022	0,063	0,071
01/08/04	0,043	0,104	0,085
15/08/04	0,019	0,056	0,077
01/09/04	0,055	0,115	0,148
16/09/04	0,018	0,052	0,161
01/10/04	0,027	0,068	0,178
15/10/04	0,019	0,059	0,112
01/11/04	0,017	0,069	0,136
15/11/04	0,075	0,153	0,166
01/12/04	0,022	0,088	0,165
15/12/04	0,036	0,065	0,075
02/01/05	0,034	0,032	0,089
15/01/05	0,032	0,041	0,088
01/02/05	0,015	0,058	0,111
16/02/05	0,011	0,031	0,069
01/03/05	0,021	0,031	0,081
15/03/05	0,008	0,037	0,098
02/04/05	0,014	0,037	0,094
15/04/05	0,008	0,033	0,049
03/05/05	0,012	0,018	0,037
16/05/05	0,014	0,022	0,067

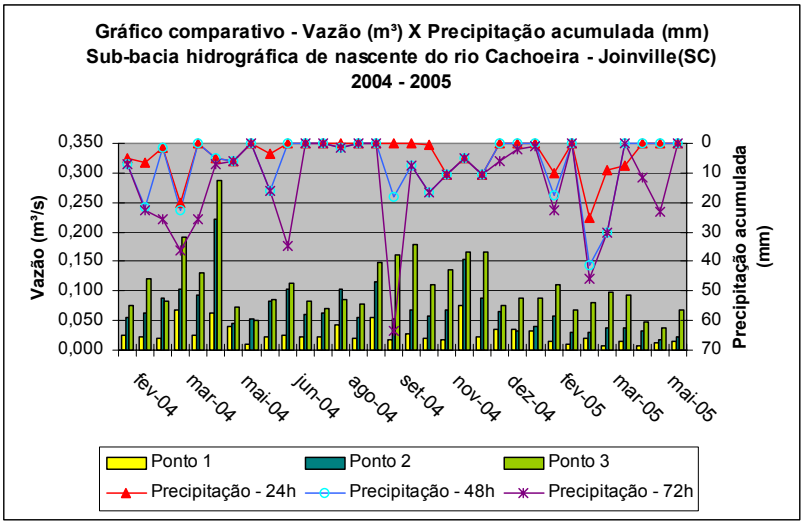

Figura 6 – Comparativo vazão m³ X precipitação acumulada mm.

Os destaques de menores valores de vazão são observados nos dias 15/Março/05 e 15/Abril/05 (Ponto 1), onde foram obtidos escoamentos da ordem de 8 litros/segundo, após um período de falta de chuvas de cerca de 6 dias. Tal fato sugere que a área de "célula verde" à montante do Ponto 1, representa importante ocorrência para a recarga do sistema hidrográfico da área.

As características hidrológicas atuais da sub-bacia refletem a degradação da área com alterações sobre o funcionamento do ciclo hidrológico em nível local. A taxa de infiltração/retenção de água e conseqüente liberação gradual para o sistema lótico está decrescendo devido à retirada de vegetação, refletindo na rápida variação diária das vazões após chuvas normais. Em observações visuais informais durante eventos chuvosos de média magnitude, o nível de água do rio nos Pontos 2 e 3 atingiu cerca de 3 metros de altura, quando normalmente seu níveis não ultrapassam 50 cm.

Faz-se necessário estudos quantitativos e qualitativos da relação entre águas superficiais e águas subterrâneas na área para compreensão dos atuais tempos de retenção e determinação de áreas prioritárias para recarga e descarga do sistema.

O gerenciamento da drenagem urbana é, fundamentalmente, um problema de alocação de espaços para a destinação das águas provenientes da precipitação pluviométrica. Por esta razão, este é um importante aspecto a ser considerado quando se trata de planejar a expansão urbana e criar novas alternativas para a adequação habitacional da população, assim como de empreendimentos comerciais e industriais que ocupem áreas próximas aos mananciais da bacia hidrográfica.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA – ABES-SC; CONSELHO REGIONAL DE ENGENHARIA E ARQUITETURA – CREA-SC; COMPANHIA CATARINENSE DE ÁGUAS E SANEAMENTO – CASAN. Diagnóstico ambiental preliminar da bacia hidrográfica do rio cachoeira. Joinville,SC, 2002.

CHRISTOFOLETTI, Antonio. Geomorfologia. São Paulo, Edgard Blucher, 2ª ed., 1980. 188p.

FENDRICH, Roberto; OLIYNIK, Rogério. Manual de utilização das águas pluviais (100 maneiras práticas). Curitiba: Livraria do Chain Editora, 2002.

HEEMANN, Daniele. Evolução do coeficiente de escoamento superficial como conseqüência de adensamento urbano na área central de Joinville, SC. Anais do 22º Congresso Brasileiro de Eng. Sanitária e Ambiental.Joinville, 2003.

LABORATÓRIO DE DRENAGEM – LABDREN. Textos de divulgação. Disponível em: <http://www.ens.ufsc.br/labs/labdren/labdren.html>. Acesso em 10 set.2003.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Gestão de recursos hídricos em bacias hidrográficas sob a ótica da educação ambiental. Brasília: MMA, 2001.

NETO, Antônio Cardoso. Notas de aula de drenagem urbana. Florianópolis: Departamento de Eng. Sanitária e Ambiental – UFSC, 1996.

PANE, E.; PEREIRA, S.Y. Revista da associação brasileira de águas subterrâneas. As fontes em itamonte, sul de minas gerais – uma contribuição para o entendimento das relações entre água superficial e subterrânea. Curitiba, n. 19, p.1-14, 2005.

PINTO, Nelson L. de Souza. Hidrologia Básica. São Paulo: Edgard Blucher, 1995.

PORTO, Mônica. Recursos Hídricos e saneamento na região metropolitana de São Paulo: um desafio do tamanho da cidade. Brasília: Banco Mundial, 2003.

PREFEITURA MUNICIPAL DE JOINVILLE. Fundação Municipal de Meio Ambiente – FUNDEMA. Código Municipal do Meio Ambiente. Joinville, SC, 1996.

SCHIAVETTI, Alexandre. Conceitos de bacias hidrográficas. Ilhéus, BA: Editus, 2002.

TRICART, J. Ecodinâmica. Rio de Janeiro: IBGE-SUPREN, 1977.

TUCCI, C.E.M..Hidrologia – ciência e aplicação.Porto Alegre: ABRH/EDUSP/UFRGS, 1993.